

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

HORNICKO-GEOLOGICKÁ FAKULTA

Katedra environmentálního inženýrství



Mikrobiologická rizika odpadů ze zdravotnictví
Microbiological Risks of Health-Care Wastes

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Autor:

Ondřej Šafář

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Mgr. Hana Vojtková, Ph.D.

Ostrava 2020

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Hornicko-geologická fakulta
Katedra environmentálního inženýrství

Zadání bakalářské práce

Student:

Ondřej Šafář

Studijní program:

B2102 Nerostné suroviny

Studijní obor:

3904R022 Zpracování a zneškodňování odpadů

Téma:

Mikrobiologická rizika odpadů ze zdravotnictví
Microbiological Risks of Health-Care Wastes

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod a cíl práce
2. Charakteristika odpadů ze zdravotnictví, jejich vlastnosti a rozdělení
3. Patogenní mikroorganismy v odpadech ze zdravotnictví a možnosti jejich detekce
4. Vhodné technologie zpracování odpadů ze zdravotnických zařízení z hygienického hlediska
5. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

FRAISE, A. a C. BRADLEY. *Ayliffe's Control of Healthcare-Associated Infection*. London: CRC Press, 2009. Dostupné z: <https://www.taylorfrancis.com/books/e/9781444113075>
CHARTIER, Y. a J. EMMANUEL. *Safe Anagement of Wastes from Health-care Activities. Second Edition: A Practical Guide*. Geneva: World Health Organization, 2014. ISBN 978-924-154-856-4
PARK, H., K. LEE, M. KIM, J. LEE, S. Y. SEONG a G. KO. Detection and hazard assessment of pathogenic microorganisms in medical Wales. *Journal of Environmental Science and Health: Part A*. 2009, roč. 44, č. 10, s. 995-1003. ISSN 1093-4529
ČSN 75 6406. *Odvádění a čištění odpadních vod ze zdravotnických zařízení*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 20 s.
Metodické doporučení k nakládání s odpady ze zdravotnictví [online]. MŽP Praha, 2007 [cit. 2018-09-25]. Dostupné z: http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/puda/legislativa_odpady/MD_odpady_zdravotnictvi.pdf

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Mgr. Hana Vojtková, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2019

Datum odevzdání: 30.04.2020

doc. Ing. Silvie Heviánková, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., dr.h.c.
děkan fakulty

Autorské prohlášení bakalářské práce

Celou bakalářskou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu. Byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).

Souhlasím s tím, že jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

Souhlasím s tím, že bakalářská práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne: 29. 5. 2020

Plné jméno autora: Ondřej Šafář

Podpis autora:



Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval paní **doc. Mgr. Haně Vojtkové, Ph.D.**, vedoucí této bakalářské práce, za cenné rady, doporučení, vstřícnost a odborný dohled při zpracování mé práce.

Anotace

Bakalářská práce se zabývá mikrobiologickými riziky, které vznikají v odpadech ze zdravotnického odvětví. Sledovaná problematika z oblasti odpadového hospodářství je rozdělena do tří hlavních částí. Začíná charakteristikou odpadů zahrnující i příslušnou legislativu v této oblasti, která je následovaná popisem patogenních mikroorganismů způsobujících nozokomiální infekce včetně jejich detekce a možnosti prevence. V závěru bakalářské práce je uveden přehled vhodných technologií pro zpracování odpadu ze zdravotnictví.

Klíčová slova: odpad ze zdravotnictví, klasifikace, patogen, mikroorganismus, nákaza, prevence, odstranění

Summary

The bachelor thesis deals with microbiological risks that arise in wastes from the medical sector. The issue, which is divided into three main parts, begins with the characteristics of waste including the legislative framework, followed by a description of pathogenic microorganisms, including their detection and prevention, and ends with appropriate technologies for healthcare waste treatment.

Keywords: healthcare waste, classification, pathogen, microorganism, infection, prevention, removal

Obsah

1.	ÚVOD A CÍL PRÁCE.....	1
2.	CHARAKTERISTIKA ODPADŮ ZE ZDRAVOTNICTVÍ, JEJICH VLASTNOSTI A ROZDĚLENÍ	2
2.1	Základní pojmy	2
2.2	Přehled základních legislativních dokumentů.....	4
2.3.	Definice odpadů ze zdravotnictví.....	6
2.4	Místa vzniku odpadu ve zdravotnickém odvětví	7
2.5	Kategorizace a charakteristika odpadu dle skupiny 18 01	8
2.6	Další rozdělení a rozšířená charakteristika odpadů ze zdravotnictví	10
2.7	Nebezpečné vlastnosti odpadů ze zdravotnictví	13
3.	PATOGENNÍ MIKROORGANISMY V ODPADECH ZE ZDRAVOTNICTVÍ A MOŽNOSTI JEJICH DETEKCE	15
3.1	Přehled významných původců nozokomiálních nákaz	16
3.2	Detekční metody	22
3.3	Základní prevence	23
4.	VHODNÉ TECHNOLOGIE ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ ZE ZDRAVOTNICKÝCH ZAŘÍZENÍ Z HYGIENICKÉHO HLEDISKA	27
4.1	Autoklávování	27
4.2	Integrované systémy úpravy páry	29
4.3	Mikrovlnná technologie	30
4.4	Technologie zpracování suchým teplem	31
4.5	Chemické zpracování	31
4.6	Radiační technologie	32
4.7	Termické technologie	33
4.8	Biologické procesy	33

4.9	Skládkování.....	34
5.	ZÁVĚR	35
6.	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	37

1. ÚVOD A CÍL PRÁCE

Odpad ze zdravotnictví nepochází jen z nemocnic, ale i z ostatních zdravotnických zařízení a veterinárních ordinací. Obsahuje v sobě různé fyzikální, chemické a biologické materiály, které vyžadují speciální pozornost při nakládání a likvidaci. Zahrnují pevný i kapalný odpad, který vzniká při léčebné péči a jiných obdobných činnostech. Nutno podotknout, že většina patří mezi nerizikový zdravotnický odpad vznikající hlavně z administrativních a úklidových činností zdravotnických zařízení a může zahrnovat rovněž odpad produkovaný při údržbě zdravotnických objektů. Potíž je s odpady, které s sebou mohou nést zdravotní rizika. Jedná se o odpady infekční. Ty mohou být, mimo jiné, i zdrojem tzv. nozokominálních nákaz v nemocnicích a zdravotnických zařízeních. Nozokomiální nákazy doprovázejí lékařské zákroky a léčení v léčebných zařízeních již do svého vzniku. Poslední dobou se tomuto problému a celkové bezpečnosti pacienta oprávněně věnuje větší pozornost. Nicméně, i když se dosáhne vysokého stupně jejich předcházení, nelze tyto nákazy ze zdravotnického prostředí zcela odstranit. Výskytu těchto infekcí se nevyhne žádná nemocnice na světě, ale je povinností každého zdravotnického pracovníka učinit vše proto, aby se vyskytovaly v co nejnížší míře. Základním předpokladem minimalizace zdravotních a environmentálních rizik v celém cyklu nakládání s odpady je řízený způsob nakládání v jednotlivých krocích, a to od třídění odpadů v místě jeho vzniku až po jejich bezpečné odstranění.

Cílem bakalářské práce je poukázat na problematiku odpadů vzniklých ve zdravotnictví. Přiblížit zákony, vyhlášky a normy zabývající se odpadovým hospodářstvím, seznámit se s vlastnostmi a mikrobiálními riziky vznikající v odpadech ze zdravotnictví a uvést souhrnný přehled technologií vhodných k bezpečnému zpracování odpadů ze zdravotnictví, které jsou určeny k jejich odstranění.

2. CHARAKTERISTIKA ODPADŮ ZE ZDRAVOTNICTVÍ, JEJICH VLASTNOSTI A ROZDĚLENÍ

Odpad je podle zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů v platném a účinném znění [1] každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit a přísluší do některé ze skupin odpadů určené vyhláškou č. 93/2016 Sb., o Katalogu odpadů, v platném a účinném znění [2].

Odpady se rozlišují do dvou základních skupin, a to na odpady nebezpečné a odpady ostatní. Nebezpečným odpadům je třeba věnovat zvláštní pozornost z pohledu ochrany životního prostředí a ochrany zdraví lidí. Nebezpečným odpadem se rozumí odpad uvedený v Seznamu nebezpečných odpadů [2] a v prováděcím právním předpise jakýkoliv jiný odpad vykazující jednu nebo více nebezpečných vlastností určené podle vyhlášky MŽP a MZ č. 94/2016 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů, v platném a účinném znění [3]. Nebezpečnými vlastnostmi odpadu jsou: výbušnost, oxidační schopnost, vysoká hořlavost, dráždivost, schopnost uvolňovat vysoce toxické a toxické plyny ve styku s vodou, vzduchem nebo kyselinami, škodlivost zdraví, toxicita, karcinogenita, žíravost, infekčnost, mutagenita, teratogenita, schopnost uvolňovat nebezpečné látky do životního prostředí při nebo po jejich odstraňování a ekotoxicitu [4].

2.1 Základní pojmy

Osoba má povinnost zbavit se movité věci, která přísluší do určité skupiny odpadů uvedených v novele zákona č. 169/2013 Sb., o odpadech [5], jestliže ji nepoužívá k původnímu účelu a věc je ohrožující pro životní prostředí nebo byla vyřazena na základě zvláštního právního předpisu. Pro účely tohoto zákona se rozumí následující pojmy:

a) nebezpečný odpad – jedná se o takový odpad, který je uveden v seznamu nebezpečných odpadů uvedeném v prováděcím právním předpise anebo se jedná o jakýkoliv jiný odpad, který vykazuje jednu anebo více nebezpečných vlastností, které jsou uvedené v příloze k zákonu č.169/2013 Sb., o odpadech [5] [6],

- b) komunální odpad – lze charakterizovat jako odpad, který vzniká na území obce při činnosti fyzických osob a zároveň je uveden jako komunální odpad v prováděcím právním předpisu, výjimkou těchto odpadů jsou odpady, které mají původ u právnických osob a dále osob oprávněných k podnikání,
- c) odpadové hospodářství – náplní odpadového hospodářství je předejít vzniku odpadů, dále nakládání s odpady a jejich následnou péči o místo, kam se odpady ukládají natrvalo,
- d) nakládání s odpady – lze vyjádřit i jako soustřeďování, sběr, výkup, shromažďování, přeprava a doprava, úprava, využívání i odstraňování,
- e) shromažďování odpadů – soustřeďování odpadů do prostředků jim určených v místě jejich vzniku po krátký časový úsek,
- d) skladování odpadů – přechodné umístění odpadů, které byly sesbírány (shromážděny, vykoupeny nebo soustředěny) do zařízení k tomu určené a ponechány v něm po časový úsek,
- e) zařízení – místo, stavba nebo část stavby či technické zařízení,
- f) sběr odpadů – shromažďování odpadů fyzickou osobou oprávněnou k podnikání nebo právnickou osobou od jiných subjektů za účelem dalšího využívání nebo odstranění,
- g) úprava odpadů – každá činnost, při které dochází ke změně biologických, fyzikálních nebo chemických vlastností odpadu (včetně jejich třídění) za účelem usnadnění či umožnění jejich dopravy a dále činnost, při které lze snížit objem, případně snížení jejich nebezpečných vlastností,
- h) materiálové využití odpadů – nahrazení prvotních surovin látkami, které byly získány z odpadů a lze je považovat za druhotné suroviny nebo využití látkových vlastností odpadu k původnímu nebo jiným účelům, s výjimkou získání energie,
- i) energetické využití odpadů – využívání odpadu způsobem obdobným jako u paliv za účelem získání jejich energetického obsahu nebo jiným způsobem k výrobě energie,
- j) odstraňování odpadů – činnosti uvedené v příloze k zákonu č.169/2013 Sb., o odpadech,
- k) deponování odpadů – jedná se o dočasné uložení odpadů do doby jejich dalšího využití,

- l) uložení odpadů – trvalé umístění odpadů, kterých se chtějí jejich majitelé zbavit,
- m) původce odpadů – jedná se o právnickou osobu, u které při její činnosti vzniká odpad nebo fyzickou osobu oprávněnou k podnikání, při jejíž podnikatelské činnosti vznikají odpady, v případě komunálních odpadů, které vznikají na území obce a mají původ v činnosti fyzických osob, na něž se nevztahují povinnosti původce, se za původce odpadů považuje obec, obec se stává původcem komunálního odpadu ve chvíli, kdy fyzická osoba odloží odpad na místo k tomu určené a obec se v tu samou chvíli stává i vlastníkem těchto odpadů,
- n) oprávněná osoba – každá osoba, která má oprávnění týkající se nakládání s odpady podle zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech nebo podle zvláštních právních předpisů,
- o) recyklace odpadů – získání výrobků nebo materiálů, které prošly úpravou vlastností v technologicky vhodném prostoru, které bylo vybaveno strojním zařízením a za použití vhodných technologií pro jejich další použití,
- p) konečný uživatel – fyzická nebo právnická osoba užívající výrobek, na který připadá povinnost zpětného odběru předtím, než je u konce jeho životnost [6].

2.2 Přehled základních legislativních dokumentů

Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, v platném a účinném znění [1].

Vyhláška č. 195/2005 Sb., kterou se upravují podmínky předcházení, vzniku a šíření infekčních onemocnění a hygienické požadavky na provoz zdravotnických zařízení a ústavů sociální péče, v platném a účinném znění [7].

Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění pozdějších předpisů, v platném a účinném znění [8].

Zákon č. 378/2007 Sb., o léčivech a o změnách a doplnění některých souvisejících zákonů, v platném a účinném znění [9].

Zákon č. 256/2001 Sb., o pohřebnictví a o změně některých zákonů, v platném a účinném znění [10].

Vyhláška MZV č. 64/1987 Sb., o Evropské dohodě o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí (ADR), v platném a účinném znění [11].

Vyhláška MŽP č. 383/2001 Sb., o podrobnost nakládání s odpady, v platném a účinném znění [12].

Vyhláška č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, v platném a účinném znění [13].

Vyhláška č. 93/2016 Sb., o Katalogu odpadů, v platném a účinném znění [2].

Vyhláška MŽP a MZ č. 94/2016 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů, v platném a účinném znění [3].

Zákon č. 167/1998 Sb., o návykových látkách, v platném a účinném znění [14].

Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících předpisů, v platném a účinném znění [15].

Zákon č. 285/2002 Sb., o darování, odběrech a transplantacích tkání a orgánů a o změně některých zákonů, v platném a účinném znění [16].

Vyhláška MZ č. 432/2003 Sb., kterou se stanoví podmínky pro zařazování prací do kategorií, limitní hodnoty ukazatelů biologických expozičních testů, podmínky oděru biologického materiálu pro provádění biologických expozičních testů a náležitostí hlášení prací s azbestem a biologickými činiteli, v platném a účinném znění [17].

Zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů, v platném a účinném znění [18].

Zákon č. 169/2013 Sb., kterým se mění zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, zákon č. 25/2008 Sb., o integrovaném registru znečišťování životního prostředí a integrovaném systému plnění ohlašovacích povinností v oblasti životního prostředí a o změně některých zákonů, ve

znění pozdějších předpisů, a zákon č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, v platném a účinném znění [5].

Zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů, v platném a účinném znění [19].

Zákon č. 477/2001 Sb., o obalech, v platném a účinném znění [20].

2.3 Definice odpadů ze zdravotnictví

Odpad ze zdravotnictví lze definovat jako odpad z nemocnic, ostatních zdravotnických nebo jim podobných zařízení, které zahrnují komponenty biologického, chemického nebo fyzikálního materiálu. Vyžaduje zvláštní zacházení vzhledem k specifickému zdravotnímu riziku.

Odpad ze zdravotnictví zahrnuje kapalný i pevný odpad, který vzniká při léčebné péči nebo při obdobných činnostech. Právě ono nakládání s nebezpečnými odpady ze zdravotnictví může být hlavním faktorem vzniku poranění či onemocnění. Riziko vyplývá z možných nebezpečných vlastností, které daný odpad může obsahovat. Jedná se především o genotoxické látky, toxické a chemické látky nebo nepoužitelná léčiva, infekční agens, ostré předměty i radioaktivní látky.

Odpad může být ohrožující pro pacienty, zdravotnický a pomocný personál i personál, který se zabývá shromažďováním, odstraněním odpadu nebo jejich přepravou. Ohrožuje jak životní prostředí, tak i veřejné zdraví. Největší riziko je obsaženo v nakládání s toxickými nebo infekčními odpady a ostrými předměty. Primárním předpokladem minimalizace environmentálních a zdravotních rizik v celém cyklu nakládání s odpady ze zdravotnictví je řízený způsob nakládání v jednotlivých postupných krocích, a to od počátku třídění odpadu v místě jeho vzniku (oddělené shromažďování odpadu), až po jejich bezpečné odstranění. Jedním z hlavních cílů bezpečného nakládání se zdravotnickými odpady je nutnost rozdělení nebezpečných odpadů od odpadů ostatních, které nevyžadují zvláštní způsob nakládání a odstranění.

Riziko odpadů ze zdravotnictví se snižuje s přijetím kompletního a bezpečného systému třídění, sběru, transportu, shromažďování a odstranění. Současně tím dochází ke snížení nákladů na úpravu a odstranění. Řádně separovaný odpad je možno dekontaminovat v různých typech certifikovaných zařízení založených na principech parní sterilizace, horkovzdušné sterilizace, mikrovlnném ozáření apod. Cílem dekontaminace je odstranit nebezpečné vlastnosti odpadu, to je životaschopnosti mikroorganismů včetně rezistentních spor. Takto upravený odpad lze spalovat ve spalovně komunálního odpadu, čímž se sníží náklady na jeho odstraňování.

Cílem při nakládání se zdravotnickým odpadem musí být celá řada opatření vedoucích k minimalizaci rizika jak pro pacienty a zdravotnický personál, tak pro veřejnost a životní prostředí [4].

2.4 Místa vzniku odpadu ve zdravotnickém odvětví

Důležitým faktorem pro nakládání s odpadem ze zdravotnictví je místo jeho vzniku. Z tohoto hlediska lze odpady rozdělit do dvou skupin, a to na odpady, které podléhají režimu nakládání podle zvláštních právních předpisů a na odpady, které podléhají režimu nakládání podle zákona o odpadech [1]. Ve smyslu tohoto zákona je možno rozlišovat tři základní místa vzniku odpadů ve zdravotnickém odvětví.

Ve zdravotnických zařízeních a dalších ostatních typech zdravotnických a jim podobných zařízení vznikají odpady, ve kterých se vyskytují komponenty fyzikálního, biologického anebo chemického materiálu. Vzhledem ke specifickým zdravotním rizikům tyto materiály vyžadují zvláštní nakládání a technologicky speciální způsoby odstraňování. Vyskytují se zde odpady jak pevného, tak i kapalného skupenství které vznikají při poskytování zdravotních služeb. Tento typ odpadů je také nazýván jako „odpad ze zdravotnických zařízení“.

Při ošetrovatelské péči vzniká odpad, který se vyznačuje stejnými vlastnostmi a zahrnuje v sobě stejná rizika jako odpad ze zdravotnických zařízení. Obdobně je nutné i zvláštní

nakládání. Výskyt odpadů vzniklého při ošetrovatelské péči je především v zařízeních sociální péče, při poskytování domácí ošetrovatelské péče, v domovech pro seniory.

Mimo zdravotnická zařízení je hlavním faktorem, že se jedná o odpad kontaminovaný biologickým materiálem, který vznikl při výkonu specifických činností v oblasti služeb. Vyznačuje se stejnými vlastnostmi a zahrnuje v sobě stejná rizika jako odpad ze zdravotnických zařízení a odpad vzniklý při ošetrovatelské péči. Stejnou podmínkou je i zvláštní zacházení. Místem výskytu těchto odpadů mohou být například tetovací salóny, protidrogová centra, služby pro zdraví a krásu (kosmetické služby, permanentní make-up, manikúra, pedikúra a jim podobné) [4].

2.5 Kategorizace a charakteristika odpadu dle skupiny 18 01

Zařazení odpadu podle Katalogu odpadů [2] na základě zmocnění ze zákona o odpadech provádí původce odpadu podle skutečných vlastností odpadu v závislosti na technologii a místě vzniku odpadu.

Původce odpadů nebo oprávněná osoba zařazují odpady pod šestimístná katalogová čísla druhů odpadů uvedená v Katalogu odpadů [2], v nichž první dvojčíslí označuje skupinu odpadů, druhé dvojčíslí podskupinu odpadů a třetí dvojčíslí druh odpadu. Nebezpečné odpady jsou označeny v Katalogu odpadů symbolem * nebo se používá pro jejich značení O/N.

Původce a oprávněná osoba jsou povinni pro účely nakládání s odpadem zařadit odpad do kategorie nebezpečný, pokud:

- a) vykazuje alespoň jednu z nebezpečných vlastností uvedených v příloze přímo použitelného předpisu Evropské unie o nebezpečných vlastnostech odpadů,
- b) je uveden v Katalogu odpadů jako nebezpečný odpad,
- c) je smíšen nebo znečištěn některým z odpadů uvedených v Katalogu odpadů jako nebezpečný.

Odpady, které vznikají při zdravotní péči, se zařazují do skupiny 18, podskupiny 18 01.

18 01 01 Ostré předměty (kromě čísla 18 01 03).

Použité ostré předměty je nutné zařazovat jako nebezpečný odpad. Tato kategorie odpadů zahrnuje všechny ostré předměty, které mohou poškodit pokožku, všechny věci a materiály, které jsou v úzkém vztahu k činnostem zdravotní péče a s nimiž je spojeno potenciální riziko poranění nebo infekce. Patří sem jehly, kanyly, injekční stříkačky s jehlou, jehly s křídélky, bodce, skleněné střepy, ampule, pipety, čepele skalpelů, lancety, prázdné lékovky, zkumavky a podobné „ostré předměty“.

18 01 02 Části těla a orgány včetně krevních vaků a krevních konzerv (bez čísla 18 01 03).

Příkladem je drobný anatomický odpad typu vlasů, nehtů, zubů, tkání po drobných ošetřeních, tkání určených k vyšetření, produktu potrátu do ukončeného dvanáctého týdne těhotenství a další biologický materiál včetně úklidu z míst, kde vzniká anatomický odpad.

18 01 03* Odpady, na jejichž sběr a odstraňování jsou kladeny zvláštní požadavky s ohledem na prevenci infekce.

Infekčním odpadem je myšlen veškerý odpad z infekčních oddělení včetně zbytků jídla, nebo odpad ze všech prostorů, kde odpad může být infikován infekčním činitelem v množství, které způsobuje, že odpad je možno považovat za odpad s nebezpečnou vlastností infekčnost. Do této skupiny patří i odpad z mikrobiologických laboratoří včetně mikrobiologických kultur i biologicky kontaminovaný odpad, např. obvazový materiál, biologicky kontaminované pomůcky, infusní nástroje bez jehly, obaly transfúzní krve, pomůcky pro inkontinentní pacienty, kontaminované materiály z plastů a osobní ochranné pomůcky personálu. Patří sem i další odpady, které jsou kontaminovány lidskou krví, sekrety nebo výkaly.

18 01 04 Odpady, na jejichž sběr a odstraňování nejsou kladeny zvláštní požadavky s ohledem na prevenci infekce.

Řadí se sem vytríděný odpad ze zdravotnických zařízení a jim podobných zařízení, který prokazatelně není kontaminován infekčním činitelem nebo není biologicky kontaminován, a není znečištěn cytostatiky nebo jinými nebezpečnými látkami. Odpad nevykazuje žádnou nebezpečnou vlastnost.

18 01 06* Chemikálie, které jsou nebo obsahují nebezpečné látky (např. chemické látky z laboratoří) nebo látky, které vznikají při diagnostických vyšetřeních, experimentálních pracích, čištění nebo dezinfekci a obsahují nebezpečné chemické látky.

18 01 07 Chemikálie neuvedené pod číslem 18 01 06, např. chemické látky z laboratoří nebo látky, které vznikají při diagnostických vyšetřeních, experimentálních pracích, čištění nebo dezinfekci a neobsahují nebezpečné látky.

18 01 08* Nepoužitelná cytostatika (odpad z cytostatických přípravků je odpad, který vzniká při používání léčby pacientů, výrobě a přípravě farmaceutických přípravků s cytostatickým účinkem včetně léčby pacientů).

18 01 09* Jiná nepoužitelná léčiva neuvedená pod číslem 18 01 08, např. léčiva nevyhovující jakosti, s prošlou dobou použitelnosti, uchovávaná nebo připravená za jiných než předepsaných podmínek, zjevně poškozená nebo nespotřebovaná (dále jen „nepoužitelná léčiva“) musí být zneškodněna včetně jejich obalů tak, aby nedošlo k ohrožení života a zdraví lidí nebo zvířat.

18 01 10* Odpadní amalgám ze stomatologické péče a odpad vznikající v zubních ordinacích a všude tam, kde dochází k ošetřování zubů. Odpad s obsahem amalgámu je tvořen zbytky-sliny/pasty-rtuti s daným kovem při vyplňování a spravování zubů [21].

2.6 Další rozdělení a rozšířená charakteristika odpadů ze zdravotnictví

Klasifikace odpadu ze zdravotnických zařízení vychází z klasifikací uvedených v Přílohách k Basilejské úmluvě (mezinárodní smlouva omezující pohyb nebezpečných odpadů přes hranice a jejich zneškodňování), nebo v Evropském katalogu, který byl v ČR implementován ve vyhlášce č. 93/2016 Sb., o Katalogu odpadů [2]. Tyto uvedené národní klasifikace odpadu, vycházejí z klasifikace WHO (World Health Organization). Většina států se řídí kategorizací odpadu podle WHO, která je pro zdravotnický personál srozumitelnější [4].

a) Infekční odpad – je definován jako odpad, který vznikl z infekčních oddělení, do kterých jsou zahrnovány i zbytky jídel a odpady ze všech prostorů, kde mohly být infikovány infekčním činitelem v takovém množství, které způsobuje, že dané odpady je možné začít považovat za odpady s nebezpečnou vlastností. Onou nebezpečnou vlastností je infekčnost. Do infekčních odpadů se řadí například použité nemocniční podložky, použité chirurgické materiály, pleny, odpady z laboratoří, odpady dialyzačních zařízení nebo odpady z

laboratoří, kde se provádí mikrobiologická stanovení. Povinností původce infekčního odpadu je určit jeho specifikaci v provozním řádu zařízení, a to s platností pro jednotlivá pracoviště. Do této skupiny odpadů se řadí i biologicky kontaminované odpady, které jsou kontaminovány lidskou krví, výkaly nebo sekrety a mohou být kontaminovány i podmíněně patogenními nebo patogenními mikroorganismy. Mezi tyto odpady může být zařazen například znečištěný obvazový materiál, infusní nástroje bez jehly, kontaminované pomůcky, obaly transfúzní krve, kontaminované osobní

ochranné pomůcky personálu, pomůcky pro inkontinentní pacienty, materiály z plastu apod. Riziko infekce je vždy nutné zvažovat v místě vzniku biologicky kontaminovaných odpadů ve zdravotnických zařízeních, ústavech sociální péče nebo v domovech pro seniory. Přítomnost infekčních činitelů nelze nikdy zcela vyloučit. Tyto odpady je nutné shromažďovat odděleně a balit je do kontejneru nebo dvojitých pytlů dle závažnosti možné infekce. Infekční odpady se nesmí překládat z jednoho obalu do jiného a nesmí se dodatečně třídit. Pro přechodné uskladnění nebo opatření do doby přepravy musí být infekční odpady uloženy v uzamčeném, nepovolaným osobám nepřístupném chlazeném skladovacím nebo shromažďovacím prostoru. Infekční odpady jsou zařazeny podle Katalogu odpadů jako katalogové číslo 18 01 03*. Jedná se o nebezpečné odpady, na jejichž sběr a odstraňování jsou kladeny zvláštní požadavky s ohledem na prevenci infekce [22].

b) Patologicko-anatomický odpad – zákon o odpadech vyjímá ze své působnosti nakládání s mrtvými lidskými těly včetně potratů a jejich ostatků, mrtvě narozených těl a dále pak nakládání s částmi těl včetně amputovaných končetin, orgánů a ostatků. Nakládání s mrtvými těly a jejich ostatky je stanoveno zákonem č. 256/2001 Sb., o pohřebnictví a o změně některých zákonů [10] a vždy se jedná pouze o mrtvá těla, části mrtvých těl a jejich ostatků. Metodické pokyny pro nakládání s mrtvými těly a ostatky schvaluje příslušný orgán ochrany veřejného zdraví v rámci provozního řádu zdravotnického zařízení. Části těl a orgány musí být shromažďovány ve vhodných obalech (nejlépe pevné a neprůhledné) v místě jejich vzniku. Jejich úschova probíhá v pevně uzavřených obalech (například se může jednat o dřevěné rakve) a v chlazených prostorech. V případě drobných anatomických odpadů typu nehtů, zubů, vlasů, tkání určených k vyšetření, tkání po

drobných ošetřeních, produktu potratu do ukončeného dvanáctého týdne těhotenství a dalších biologických materiálů včetně úklidu z míst, kde anatomické odpady vznikají, se postupuje podle zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů [1]. Patologicko-anatomické odpady se zařazují podle Katalogu odpadů [2] pod katalogové číslo 18 01 02 části těl a orgánů včetně krevních vaků a krevních konzerv.

c) Nepoužitelná léčiva – definujeme jako léčiva nevyhovující jakosti, která mají prošlou dobu použitelnosti a jsou připravená nebo uchovávána za jiných než předepsaných podmínek. Nespotřebovaná a zjevně poškozená léčiva musí být zneškodněna, včetně jejich obalu tak, aby nedošlo k ohrožení života a zdraví lidí nebo zvířat.

d) Cytostatika – tato skupina obsahuje samostatnou skupinu léčiv „cytostatika a jejich zbytky“. Odpady z cytostatických přípravků jsou definovány jako odpady, které vznikají při výrobě a přípravě farmaceutických přípravků s cytostatickým účinkem nebo při používání léčby pacientů. Potenciální riziko pro osoby, které přicházejí do styku s cytostatickými farmaceutickými přípravky, vzniká především z mutagenních, teratogenních a karcinogenních vlastností těchto přípravků. Riziko, které představují cytostatické farmaceutické přípravky, je primárně významné pro tu skupinu lidí, kteří s nimi přicházejí do styku v průběhu jejich použití nebo i po něm. Zdravotnická zařízení se musí zaměřit a musí dbát na to, aby okruh lidí, kteří s těmito přípravky přicházejí do styku, byl co možná nejmenší. K zacházení s těmito výrobky a k nakládání s odpady na onkologických odděleních musí být zdravotnickým zařízením vydány k tomuto účelu specifické metodické pokyny přímo zavedené v provozním řádu. Výskyt těchto odpadů probíhá především v centrálních lokalitách, jakými jsou laboratoře nebo lékárny. Na těchto odděleních také často dochází k přípravě přímo použitelných cytostatických roztoků. Uskladnění cytostatických odpadů je pod uzamčením a pod kontrolou. Ochranná opatření, která jsou nutná v průběhu používání cytostatických farmaceutických přípravků, je nezbytné dodržovat i mimo příslušná zařízení z důvodu úniku škodlivin těchto produktů. Je nutno přísně kontrolovat zacházení s cytostatickými odpady, shromažďovat je v zakrytých a neprodyšných kontejnerech a odstraňovat ve spalovně nebezpečných odpadů.

e) Chemický odpad – skupina obsahuje kapalné i pevné chemické látky a chemické přípravky z laboratoří nebo látky, které vznikají při experimentálních pracích, diagnostických vyšetřeních, čištění nebo dezinfekci. Chemické odpady se rozdělují na dvě skupiny. Jedná se o nebezpečné odpady (mohou být rozděleny do skupin podle svých vlastností na toxické, toxické s chronickými účinky, dráždivé a vysoce reaktivní) a ostatní chemické odpady, které v sobě nezahrnují nebezpečné vlastnosti. Chemický odpad má přesně stanovený metodický postup odstranění, který je zaveden v provozních řádech jednotlivých pracovišť, kde chemické odpady vznikají, nebo jsou předány k odstranění oprávněným osobám. Odpady obsahující nebezpečné chemické látky se zařazují podle Katalogu odpadů pod katalogové číslo 18 01 06*. Odpady, které neobsahují nebezpečné chemické látky, se zařazují pod katalogové číslo 18 01 07. Jedná se o chemikálie neuvedené pod číslem 18 01 06*, přiřazené na základě skutečných vlastností odpadů.

f) Radioaktivní odpad – veškerá manipulace s radioaktivním odpadem se řídí zákonem č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů [19]. Radioaktivní odpady ze zdravotnictví lze rozdělit podle zdrojů radioaktivního záření na uzavřeném nebo otevřeném zdroji. Skupina radioaktivních odpadů obsahuje veškeré odpady z radiodiagnostických a radioterapeutických pracovišť nukleární medicíny, radiologických oddělení a výzkumných pracovišť.

g) Kontaminované obaly – je nutné je vnímat jako nebezpečné odpady a zařazovat je do skupin odpadů podle charakteristiky kontaminantu a nakládat s nimi stejným způsobem [22].

2.7 Nebezpečné vlastnosti odpadů ze zdravotnictví

Problematika hodnocení nebezpečných vlastností odpadů je vymezena Zákonem č. 185/2001 Sb., o odpadech [1] a Vyhláškou č. 94/2016 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů [3]. V odpadech ze zdravotnictví lze nalézt následující nebezpečné vlastnosti:

- a) dráždivost – vlastnost, kterou mají odpady obsahující dráždivé látky a přípravky a nejsou žíravé a mohou při krátkém, prodlouženém nebo opakovaném styku s pokožkou nebo sliznicí vyvolat její zanícení,
- b) škodlivost zdraví – tuto vlastnost mají odpady, které obsahují látky a přípravky škodlivé zdraví a mohou po vdechnutí, požití nebo proniknutí kůží způsobit lehké poškození zdraví,
- c) toxicita – jedná se o vlastnost, kterou mají odpady obsahující toxické látky nebo přípravky (včetně vysoce toxických látek a přípravků) a jejichž vdechnutí, požití nebo proniknutí kůží může vést k vážnému, akutnímu nebo chronickému poškození zdraví, případně i smrti,
- d) karcinogenita – vlastnost odpadů, které obsahují karcinogenní látky a mohou po vdechnutí, požití nebo proniknutí kůží vést k onemocnění rakovinou nebo zvýšit četnost výskytu rakoviny,
- e) infekčnost – odpady, které obsahují životaschopné mikroorganismy nebo jejich toxiny a další infekční agens s dostatečnou virulencí v koncentraci nebo množství, o nichž je známo nebo spolehlivě předpokládáno, že způsobují onemocnění člověka nebo jiných živých organismů,
- f) mutagenita – odpady, které obsahují mutagenní látky nebo přípravky a mohou po vdechnutí, požití nebo proniknutí kůží vyvolat vznik nebo zvýšit pravděpodobnost výskytu dědičných genetických vad,
- g) ekotoxicita – nebezpečnou vlastnost mají odpady, které představují nebo mohou představovat akutní nebo pozdní nebezpečí pro jednu nebo více složek životního prostředí [21].

3. PATOGENNÍ MIKROORGANISMY V ODPADECH ZE ZDRAVOTNICTVÍ A MOŽNOSTI JEJICH DETEKCE

Lékařská mikrobiologie se zabývá a zkoumá takové mikroorganismy, které mají úzký vztah k člověku. Využívají ho ke svému množení a některé z nich mohou mít negativní dopad na organismus člověka v podobně onemocnění někdy až se smrtelným koncem. Mikroorganismy jsou závislé na podmínkách, které jejich hostitel představuje (dostupnost živin, růstový faktor, teplota, pH) a ty řídí jejich fyziologické vlastnosti (nároky na výživu, fyziologické vlastnosti). Rovnováha mezi hostitelem a mikrobem musí být neustále obnovována. Vztahy, které jsou důsledkem vzájemných vlivů, vedly postupem času ke změnám vlastností mikrobů. Tyto vztahy se označují termínem adaptace. Mikrobi, kteří se nekontrolovatelně množí, přežívají v lidském organismu a hostiteli škodí, se obecně označují jako parazité. Vztah, kdy mikrob využívá svého hostitele jako zdroj výživy, ale nemá negativní vliv na organismus, se definuje pojmem komenzalismus. O symbiózu se jedná ve chvíli, kdy mají oba organismy ze soužití užitek (například *Escherichia coli* v tlustém střevě člověka). Na opačné straně parazitujících mikrobů k člověku stojí patogeny. Ty mají schopnost využívat prostředí hostitele, avšak svou reakcí a metabolismem u něj vyvolávají příznaky onemocnění. Patogenita je schopnost mikrobiálního druhu vyvolat onemocnění konkrétního druhu hostitele [23]. Patogenní schopnost se značně liší u jednotlivých druhů mikroorganismů. Hlavními faktory patogenity jsou geneticko-fyziologické vlastnosti daného mikroorganismu a aktuální zdravotní stav hostitele.

Pro zabránění vstupu a šíření mikroorganismů v hostiteli existují dva systémy ochranných bariér a tím jsou obranné mechanismy a přirozená imunita. Virulence je míra patogenity konkrétního mikroorganismu pro daného hostitele a je dána množstvím faktorů patogenity, které projevuje určitý mikrobiální kmen [24]. Vzhledem k této skutečnosti lze mikrobiální kmeny rozdělit na vysoce virulentní, virulentní a avirulentní. Vysoce virulentní mikroorganismy jsou charakteristické tím, že jsou obdařeny účinnými mechanismy, díky kterým jsou schopny překonat bariéru hostitele. Virulentní mikroorganismy dokážou velmi snadno pronikat do organismu a začnou ho poškozovat i při velmi malé infekční dávce. V této souvislosti je významná invazivita jako schopnost mikroorganismu pronikat do

tkání hostitele, ve kterých se začne množit a následně hostiteli škodit. V lidské populaci je častější výskyt méně virulentních mikrobiálních kmenů. Hostitelský organismus může vnímat patogen různě a z tohoto pohledu lze dělit mikrobiální druhy na patogeny primární a oportunní.

Primární patogen je schopný vyvolat onemocnění i u plně zdravého hostitele a reagovat s jeho specifickou imunitou. Jedná se například o *Streptococcus pyogenes*, *Salmonella typhi*, *Mycobacterium tuberculosis*, onemocnění lze předcházet preventivním očkováním. Podmíněně-patogenní (oportunně patogenní) mikroorganismy jsou schopné vyvolat onemocnění jen tehdy, jsou-li poškozené přirozené obranné mechanismy hostitele (poranění kůže, cizí těleso v tkáni) a je tak snížena funkce jeho imunitního systému. V současné době představují podmíněné patogeny výrazný problém. Narůstá počet onemocnění spjatých s výskytem deficitů imunity. Přítomnost oportunně patogenních mikrobiálních druhů, zejména v nemocničním prostředí souvisí, s problematikou nozokomiálních infekcí komplikujících základní onemocnění. Zdrojem infekce může být zevní prostředí, ale i vlastní endogenní flóra, známým příkladem je bakterie *Escherichia coli* nebo rod *Bacteroides*. Poškození hostitele může vzniknout různými mechanismy, například adhezí a invazí do buněk, produkcí toxinů, stimulací zánětlivé reakce a následným uvolnění cytokinů nebo indukci imunopatologických reakcí. Infekční proces probíhá v několika následujících krocích: setkání mikroba s hostitelem → vstup do organismu → šíření z místa vstupu → množení v organismu hostitele → poškození hostitele přímým způsobem nebo reakcí na hostitelův mikrobiální agens (eventuelně obojí) → v konečné fázi zvítězí buď patogenita mikroba, obrana organismu hostitele nebo vznikne koexistence [23]. Patogenní mikroorganismy, které nejčastěji kontaminují zdravotnická prostředí, lze dělit do čtyř základních skupin – viry, bakterie, mikroskopické houby a patogenní prvoci, z nichž každá se vyznačuje jinými biologickými a fyziologickými vlastnostmi [24].

3.1 Přehled významných původců nozokomiálních nákaz

Nozokomiální infekce nazývané také „infekce získané z nemocničního prostředí“ lze definovat jako nákazu získanou v nemocnici pacientem, který byl přijat z jiného

důvodu, než jsou příznaky této nákazy. Jedná se o infekci vyskytující se u pacienta v nemocnici nebo jiném zdravotní ošetrovatelském prostředí, ve kterém se infekce nevyskytovala nebo inkubovala v době přijetí. Zahrnuje v sobě i nákazy projevující se až po propuštění pacienta z nemocnice nebo jiného zdravotní pečovatelského prostředí či infekci z povolání vyskytující se mezi zaměstnanci pracující v nemocničním prostředí [25]. Následující výběr popisuje významné původce nozokomiálních infekcí.

Escherichia coli

Infekce gramnegativními bakteriemi *Escherichia coli*, které normálně kolonizují zažívací trakty lidí a jiných savců jsou považovány za poměrně časté příčiny nozokomiálních nákaz. Projevují se křečemi v žaludku, horečkou, vodnatými až krvavými průjmy, zánětem střevní stěny, záněty močopohlavní soustavy a poruchami krevetvorby. Faktory virulence *E. coli* lze rozdělit na adheziny a toxiny. Adheziny jsou produkovány z fimbrií nebo proteinů vnější membrány a umožňují bakteriím vázat se na hostitelské buňky a způsobovat onemocnění. Toxiny jsou proteiny produkovány bakteriemi, které se uvolňují, aby poškodily, případně usmrtily hostitelské buňky. Kmeny *E. coli* způsobující střevní onemocnění jsou několika různých typů. Enteropatogenní kmeny *E. coli* způsobují onemocnění tím, že ulpívají na střevních epiteliálních buňkách a produkují adheziny. Enterotoxigenní *E. coli* způsobují onemocnění pomocí kombinace mukózy a produkce toxinu. Enterotoxin je podobný toxinu cholery a mění iontový přenos ve střevních buňkách, čímž vzniká vodnatý průjem. Nemoc se může velmi lišit, od lehčích příznaků až po těžký průjem s křečemi, nevolností a dehydratací. Některé *E. coli* získávají geny od *Shigella dysenteriae* a mohou produkovat shiga-toxiny. Tyto kmeny jsou zvláště nebezpečné, jsou označovány jako enterohemoragické a jejich aktivita má za následek bolestivé krvavé průjmy. V části případů nastává, že po vstoupení do krevního řečiště způsobují poškození červených krvinek, endoteliálních buněk a vnitřních orgánů, především ledvin.

Extraintestinální choroby způsobené *E. coli* se velmi liší. *E. coli* je nejčastější příčinou infekcí močových cest, tyto uropatogenní kmeny mají fimbrie s vazbou na buňky lemující močový trakt. Jsou zapouzdřeny a produkují hemolytický toxin. Bakterie *E. coli* pak mohou stoupat močovým traktem přes močovou trubici do močového měchýře a

ledvin, k infekci ledvin může dojít také prostřednictvím krevního řečiště. Tato infekce může následovat po chirurgickém zákroku, zejména pokud je narušen střevní trakt. U vývodů spojující žlučník a pankreas přímo se střevní dutinou, hraje *E. coli* často významnou roli při cholecystitidě a pankreatitidě. Vzhledem k tomu, že *E. coli* jsou tak běžné a mají mnoho virulentních faktorů, mohou vyvolat mnoho dalších typů infekcí [26].

Staphylococcus aureus

Staphylococcus aureus je bakterie běžně se vyskytující na kůži, zejména v oblasti nosu, podpaží, slabin a rekta. U těchto bakterií se objevuje rezistence na meticilin, což je geneticky získaná schopnost některých kmenů odolat expozici skupině antibiotik určených k léčbě stafylokokových infekcí. Mnoho takových kmenů je vysoce virulentních a destruktivních. Infekce se vyznačují horečkami a bolestí, zarudnutím a otokem v místě výskytu. Hnis může odtékat nebo se může hromadit jako absces uvnitř infikované tkáně. Rezistentní kmeny mohou být velmi invazivní, což znamená, že se šíří z tkání do krevního řečiště, prochází tělem a infikují jiná místa. Nejběžnějším místem infekce je kůže, kde kmeny mohou způsobit infekce kožních vrstev nebo vlasových folikulů. K osteomyelitidě (kostní infekci) může dojít přímou invazí z infekce kůže nebo traumatem (například zlomenin). Když bakterie vstoupí do krevního řečiště, mohou se usadit v jakémkoliv orgánu nebo tkáni a šířit se odtud do dalších míst těla. Páteř, slezina a ledviny jsou běžná sekundární místa. Bakteriální endokarditida nebo infekce srdečních chlopní jsou obzvláště nebezpečnou formou infekce a jsou velmi obtížně léčitelné. Infekce mohou komplikovat následné chirurgické postupy, a mohou se vyskytnout u hospitalizovaných pacientů, kteří vyžadují respirátory, jedná se o vzácnou, avšak fatální komplikaci chřipky a onemocnění dýchacích cest [27].

Streptococcus pneumoniae

Pneumokok, známý pod názvem *Streptococcus pneumoniae*, je vysoce infekční bakteriální mikroorganismus, který může způsobit řadu závažných onemocnění, z nichž některé mohou být život ohrožující. Bakterie se nejčastěji vyskytují v dýchacích cestách člověka a mohou být přenášeny z člověka na člověka prostřednictvím kapének rozptýlených ve vzduchu. Existuje více než devadesát kmenů pneumokokových bakterií, a

některé z nich způsobují nejzávažnější onemocnění, jako je pneumonie, sepse a meningitida. Pneumokoková onemocnění se nejčastěji vyskytují u dětí mladších dvou let, dospělých nad šedesát pět let a u lidí, jejichž imunitní systém byl oslaben jinými chorobami nebo zdravotními stavy či kouřením. Tyto nemoci jsou zodpovědné za více úmrtí na celém světě než jakákoli jiná infekční onemocnění. Mezi další běžná neinvazivní pneumokoková onemocnění patří bronchitida, infekce bronchiálních trubic v plicích; zánět středního ucha, infekce středního ucha a infekce v dutinách poblíž nosních cest. Příznaky těchto infekcí jsou obvykle mírné a lze je léčit volně prodejnými léky. Vážnější invazivní infekce postihují plíce, krevní oběh případně mozek a míchu [28].

Clostridium difficile

Bakterie *Clostridium difficile* jsou přenášeny nejčastěji fekálně-orální cestou. Bakterie jsou schopny tvořit spory jako ochranný mechanismus při vstupu do životního prostředí a v této podobě jsou schopné přežít po mnoho měsíců v různém prostředí. Infekce *C. difficile* se šíří kontaktem s infikovaným pacientem nebo se zdravotníkem a z životního prostředí. Inkubační doba *C. difficile* není známa, jedna studie však naznačuje, že by to mohlo být méně než sedm dní [29]. Mezi hlavní rizikové faktory infekce *C. difficile* patří pokročilý věk, hospitalizace a použití antibiotik. Při těžké infekci může *C. difficile* způsobit toxický megakolon, septický šok a smrt. Když se pacient nakazí, vyskytuje se horečka, bolest nebo citlivost břicha, anorexie, nevolnost a vodnatý průjem. Při těžké infekci se u pacienta může vyvinout pseudomembranózní kolitida, která může vést k toxickému megakolonu, což je toxická dilatace tlustého střeva. Pokud se u pacienta vyvine toxický megakolon, může rychle následovat sepse a smrt [30].

Pseudomonas aeruginosa

Bakterie *Pseudomonas aeruginosa* mohou u lidí způsobovat různá onemocnění, tyto nemoci se mohou pohybovat od mírných až po život ohrožující. Lidé, jejichž imunitní systémy jsou oslabeny, jsou vystaveni největšímu riziku infekce. Bakterie jsou odolné a je obtížné je odstranit z kontaminovaných míst, často se stávají rezistentními vůči některým druhům antibiotik a zvyšují tak potenciální nebezpečí pro lidi, kteří jsou bakteriím vystaveni. *P. aeruginosa* představuje zvláštní hrozbu pro nemocniční pacienty, jejichž

systémy jsou již oslabené a kteří často podstoupí invazivní postupy, které mohou bakterie vnést do jejich těl. *Pseudomonas* je druh bakterií vyskytující se v půdě a vodě po celém světě. Je známo, že některé z těchto bakterií způsobují lidské infekce, včetně *P. aeruginosa*. Tyto bakterie upřednostňují vlhké oblasti a často se vyskytují v nechlorovaných nebo nedostatečně chlorovaných vodních útvarech, včetně bazénů, vířivek a jiných mokřích oblastech, jako jsou odtoky dřezů, vodní fontány a toalety. Likvidace bakterií *P. aeruginosa* je velmi obtížná. Mohou žít na površích, které jsou nedostatečně vyčištěny a mohou být přeneseny dotykem z těchto povrchů. Bakterie mohou způsobit infekce močových cest nebo mohou napadnout trávicí trakt, vyvolat průjem, enteritidu a enterokolitidu. Infekce v dýchacím systému může mít za následek pneumonii. Toto je zvláštní vysoké riziko pro pacienty s cystickou fibrózou a jiným chronickým plicním onemocněním. Může napadat další vnitřní části těla a způsobovat osteomyelitidu v kostech a kloubech, abscesy, meningitidu v mozku, endokarditidu v srdci a infekce krevního řečiště. Mnoho z těchto podmínek může být pro život ohrožujících. Jakmile je infekce přítomna, může se rozšířit do dalších částí těla. Příznaky těchto infekcí se liší, u mnoha pacientů se projevuje horečkou, zimnicí a otokem postižené části těla. Pacienti s kožními infekcemi mají vyrážky, abscesy a změny barvy okolní kůže. Infekce dýchacího systému zahrnují obtíže s dýcháním, zatímco u infekcí v gastrointestinálním traktu se často vyskytuje průjem a dehydratace [31].

Helicobacter pylori

Helicobacter pylori je zakřivená, spirálovitá gramnegativní bakterie, která produkuje enzym ureázu, který umožňuje mikroorganismu modifikovat kyselé prostředí žaludku. Má čtyři až šest bičíků, které umožňují bakteriím pronikat do slizové ochranné vrstvy žaludku. Některé kmeny produkují toxin cagA, který bývá spojován s vyšším rizikem rozvoje rakoviny [32]. Hlavní příčinou vzniku onemocnění je požití kontaminovaných potravin a vody [33].

Mycobacterium tuberculosis

Tuberkulóza (TBC) je nakažlivé infekční onemocnění s aktivní nebo latentní formou. Ačkoli TBC může ovlivnit mnoho orgánových systémů, postihuje většinou plíce. Osoby v blízkosti někoho, kdo má TBC plic, mohou infekční bakterie vdechnout, pokud

infikovaná osoba kašle nebo kýchá. TBC je kapénkovou nákazou, snadno se šíří mezi lidmi, kteří jsou nemocní nebo mají oslabený imunitní systém. Většina infekcí je asymptomatická, latentní. Zhruba jedno z deseti onemocnění přejde v aktivní tuberkulózu, která, když se neléčí, způsobuje úmrtí ve více než 50 % případů. Základními příznaky TBC jsou vysoká teplota a těžký kašel, který trvá déle než dva týdny, dále vykašlávání krve a sputum (hluboký hlen z plic). Projevuje se bolest na hrudi, slabost nebo únava, úbytek na váze, zimnice, horečka, pocení a ztráta chuti k jídlu [34].

Hepatitis B virus

Onemocnění jater způsobené virem hepatitidy B (HBV) je závažná příčina žloutenky, která se může vyvinout v chronickou formu, která vede k chronickému zánětu jater, cirhóze (jizvení jater), rakovině jater, selhání jater nebo smrti. HBV se šíří kontaktem s tělními tekutinami nakažené osoby. Mezi tyto tekutiny patří krev, sperma, vaginální tekutiny a sliny. HBV se nerozšiřuje potravou ani vodou. Příznaky se mohou objevit asi 25 až 180 dní po expozici viru. Nejběžnějšími příznaky jsou žloutnutí kůže a očí (žloutenka), únava, která trvá týdny nebo dokonce měsíce, bolest břicha v oblasti jater (horní pravá strana břicha), ztráta chuti k jídlu, nevolnost, zvracení, bolest kloubů, horečka, tmavá moč a světlá stolice, rozšířené svědění a vyrážka. Hepatitida B je dobře diagnostikována krevními testy, tyto krevní testy se také používají ke sledování účinku viru na játra. V chronických případech může pacient potřebovat jaterní biopsii (odebrání vzorku jaterní tkáně pro testování). Pracovníci ve zdravotnictví a veřejné bezpečnosti by měli být očkováni proti hepatidě B a měli by vždy dodržovat běžná bezpečnostní opatření a bezpečně manipulovat s jehlami a jinými ostrými nástroji. Při dotyku nebo čištění tělních tekutin na obvazech, tamponech nebo hygienických vložkách a povlečení by se měly používat rukavice [35].

Hepatitis C virus

Infekce jater způsobená virem hepatitidy C (HCV) se přenáší v krvi infikované osoby a nejčastěji se šíří kontaktem s infikovanou krví, například injekčním podáváním drog sdílenými jehlami, pomocí transfuzí krve infikovaných HCV (před rokem 1992), léčbou pomocí preparátů na srážení krve (před rokem 1987), příjmem orgánu z

infikovaného HCV transplantací, dlouhodobě léčených dialýzou (stroj může být kontaminován krví infikovanou HCV), pomocí společných zubních kartáčků, holicích strojků, strojků na stříhání nehtů nebo jiných předmětů osobní hygieny kontaminovaných krví infikovanou HCV. Zvláštní pozornost je nutná pro zdravotnické pracovníky, kteří jsou v častém kontaktu s lidmi infikovanými HCV, zvláštní pozornost je však nutná také v případě provádění tetování, piercingu nebo akupunktury s nesterilizovaným nebo nesprávně sterilizovaným zařízením a nástroji [36].

Candida albicans

Candida albicans je příkladem mikroskopické houby – kvasinky, která způsobuje onemocnění kůže. I když lidská onemocnění, která vyvolává, nejsou hodnocena jako zvlášť nebezpečná, nesmí se podcenit, neboť může být torpidní. Výskyt této kvasinky je nejčastěji vázán na vlhká místa v oblasti pod prsy nebo mezi prsty u nohou, při léčbě můžou vznikat vážnější infekce, kde se uplatní i potlačená bakteriální flóra. Mezi systémová onemocnění patří plicní kandidóza, která může při vyšetření připomínat i tuberkulózu nebo tumor. Ve chvíli proniknutí kandid do krevního oběhu mohou být postižena játra, ledviny, slezina i mozek. Komplikací bývá snížená imunita u pacientů s AIDS nebo u lidí s jinou závažnou léčbou, např. rakoviny [24].

3.2 Detekční metody

Bakterie se rozlišují podle dvou základních faktorů, a to podle morfologie a schopnosti přijímat barviva, které slouží jako předběžná kritéria pro zařazení neznámého kmene do příslušné skupiny [37]. Známým příkladem barvicí metody je barvení podle Grama, kde základem reakce je rozdílná struktura buněčné stěny. Jedná se o jednoduchou laboratorní metodu, při které se využívá anilínové barvy a krystalové violeti. Pro účely klasifikace se bakterie dělí na grampozitivní, gramnegativní a na ty, které nereagují na Gramovo barvení. Získá se informace o barvitelnosti, velikosti, tvaru a vzájemném uspořádání buněk a v případě endospor o jejich umístění v buňce [24]. Pokud mikroorganismus nelze určit podle morfologie a růstu, využívají se případné rozdíly v metabolismu. Obvykle se testuje okyselování a produkce plynu ze sacharidu (laktóza,

glukóza, manitol, sacharóza apod.) jako jediného zdroje uhlíku. Testy aplikované na speciálních půdách zjišťují konečný produkt, jako je například sirovodík či indol, a enzymové aktivity, například kataláza [37]. Metody detekce lze rozdělit do dvou základních skupin.

Přímá metoda spočívá v nález mikroba ve vyšetřovaném vzorku. Mezi přímé metody spadá především mikroskopická detekce. Dále jsou to v mikrobiologické praxi běžně používané kultivační metody, kvalitativní testy (antibiotické testy, diskový difúzní test), kvantitativní testy (agarová diluční metoda, metoda mikrodiluční), molekulární metody (PCR, RFLP, sekvence DNA) a také tzv. biochemické testy [38].

Nepřímá metoda zahrnuje reakce mezi antigeny a protilátkami *in vitro*. Protilátky se obvykle dokazují v krevním séru. Každá serologická reakce se využívá dvojím způsobem, a to k průkazu protilátek nebo k průkazu antigenu. Mikrobiální antigeny lze hodnotit přímo ve vyšetřovaném vzorku nebo při detekci mikroorganismu ve vyšetřovaném vzorku. Tento důkaz je možné brát jako tzv. antigenní analýzu a je součástí identifikačních postupů. Jako antigeny slouží celé mikroorganismy nebo jejich části (bičíky, pouzdra, extrakty různých kultur), resp. jejich produkty (toxiny, enzymy). Identifikační serologické reakce probíhají ve dvou fázích: v první fázi dojde ke specifické vazbě mezi vazebnými místy protilátky a odpovídajícími antigenními determinantami (epitopy), druhá fáze je nespecifická a její průběh závisí na charakteru prostředí (zvláště na přítomnosti iontů) a na druhu antigenu [38].

3.3 Základní prevence

Dezinfekce a sterilizace

Ve zdravotnických zařízeních je dezinfekce a sterilizace úkonem, který provádí proškolený zdravotnický pracovník. Používané prostředky a postupy podléhají schválení hlavního hygienika ČR a jsou upraveny příslušnou hygienickou legislativou. Podle stupně odstranění mikroorganismů z předmětu nebo prostředí se rozlišují následující postupy: mechanická očista, dezinfekce, vyšší stupeň dezinfekce, sterilizace.

a) Mechanická očista – soubor postupů, které mechanickým způsobem odstraňují nečistoty a snižují počet mikroorganismů. Podle typu pracoviště se používají běžné detergenty nebo detergenty s dezinfekčním prostředkem (dle hygienicko-epidemiologického režimu konkrétního pracoviště). Dále se využívají čisticí prostředky, případně čisticí prostředky s dezinfekčním účinkem. Ty se aplikují buď ručně, nebo pomocí mycích a čisticích strojů, tlakových pistolí, ultrazvukových přístrojů apod. Všechny přístroje a pomůcky se musí udržovat v čistotě. Úklidové pomůcky se po použití dezinfikují a usuší. Čisticí stroje a jiná zařízení se používají podle návodu výrobce. Úklid se provádí denně na vlhko.

b) Dezinfekce – účelem je zničení patogenních mikroorganismů v daném prostředí. Ke zneškodňování se využívá fyzikálních (teplota nad 90 °C), chemických (použití chemických látek) nebo kombinovaných postupů (teplota nad 60 °C + použití chemických látek). Dezinfekční proces lze rozdělit do dvou bodů:

1. Preventivní, profylaktická: provádí se i za předpokladu, že se infekční onemocnění v dané chvíli nevyskytuje. Je součástí komplexních hygienických opatření (například úprava odpadních vod, pasterizace mléka nebo chlorace vody).
2. Represivní, ohnisková: provádí se v ohnisku nákazy, a to průběžně nebo jako konečná dezinfekce. Zaměřuje se na eliminaci choroboplodných zárodků s cílem přerušit další šíření infekce.

Velmi důležitý je výběr dezinfekce, při kterém je nutné brát zřetel na jednotlivé druhy mikroorganismů a jejich fyziologické vlastnosti. Vzhledem k tomuto faktu se volí vhodná dezinfekce podle citlivosti jednotlivých mikroorganismů, účinnosti, vlivu teploty a pH, nesmí alergizovat a musí reagovat na celý povrch, měla by být ekonomicky výhodná.

c) Vyšší stupeň dezinfekce – technologické postupy, které zaručují usmrcení bakterií, virů, mikroskopických hub a některých bakteriálních spor, nezaručují však usmrcení ostatních mikroorganismů (vysoce rezistentních spor) a vývojových stádií zdravotně významných protozoí, helmintů a jejich vajíček. Roztoky pro vyšší stupně dezinfekce se ukládají do uzavřených k tomu určených nádob. Příslušné pomůcky k vyššímu stupni dezinfekce jsou určeny k okamžitému použití nebo se krátkodobě skladují kryté sterilní rouškou v uzavřených kazetách a skříních (volně uložený – v kazetách 24 hodin, chráněný

– v kazetách a uzavřených skříních 48 hodin). Po použití se předměty ručně nebo strojně očistí a nechají se osušit. Ve chvíli, kdy jsou pomůcky kontaminovány biologických materiálem, použije se dezinfekční prostředek s virucidním účinkem a následně se do roztoků určeným k vyššímu stupni dezinfekce ponoří suché předměty tak, aby byly naplněny všechny duté části bez vzduchových bublin. Po skončení dezinfekce vyššího stupně se předměty oplachují sterilní vodou následované sterilním osušením. S předměty se dále nakládá jako se sterilním instrumentáři.

d) Sterilizace – souhrn opatření, kterými se v daném prostředí usmrtí všechny životaschopné mikroorganismy včetně spor a helmintů s jejich vajíčky a dojde též k nezvratné inaktivaci virů. Před samotnou sterilizací je nutné provést přípravu v podobě dezinfekce či dekontaminace, mechanické očisty, oplachem pitnou nebo destilovanou vodou, osušením a zabalením. Technologické procesy sterilizace rozdělujeme na fyzikální (sterilizace vlhkým teplem, horkým vzduchem nebo plazmou) a chemické (sterilizace formaldehydem nebo ethylenoxidem). Předměty, nástroje a pomůcky se sterilizují vždy důkladně omyté a osušené. Způsob, jakým se bude provádět sterilizace se volí podle doporučení výrobce k dané pomůcce, nástroji nebo předmětu. Materiál se vkládá do vhodných obalů a ukládá se do sterilizační komory tak, aby medium dokonale proniklo skrz a co nejsnazším způsobem. Každá sterilizovaný materiál se označuje a dokumentuje. Při převozu je materiál uchován v uzavřených nádobách tak, aby byl chráněn před znečištěním nebo poškozením. Skladuje se volně s krátkou expirační dobou nebo v uzavřené skříně či zásuvce s delší expirační dobou [39].

Aseptická metoda

Aseptická technika zahrnuje použití preventivních opatření, aby se minimalizovala šance zavést do klinického prostředí škodlivé mikroorganismy (známé jako patogeny), které způsobují infekční onemocnění. Jinými slovy, jeho účelem je udržovat aseptiku nebo nepřítomnost patogenů v klinických podmínkách. Účelem aseptické techniky je chránit pacienta a zdravotnického pracovníka před patogeny a zabránit jejich šíření. Patogeny mohou způsobit infekci pacienta kontaktem s prostředím, personálem nebo zdravotnickým zařízením. Aseptická technika zahrnuje řadu postupů určených k odstranění nebo usmrcení mikroorganismů na rukou a objektech, čímž se snižuje riziko vlivu nebezpečných látek na

pacienta. Zahrnuje použití sterilních nástrojů a bariér, jako jsou osobní ochranné prostředky, přiměřené mytí rukou, příprava pacienta a bezpečné prostředí v chirurgických a jiných oblastech pro lékařské výkony. Aseptická technika je životně důležitá při snižování nemocnosti a úmrtnosti spojené s chirurgickými infekcemi a je zvláště důležitá v případech, kdy se jedná o pacienty, kteří mají oslabený (slabý) imunitní systém [40].

Hygiena rukou

Mechanické odstranění nečistoty a částečně i přechodné mikroflóry z pokožky rukou je základem této hygienické metody. Jako prostředky a pomůcky na mytí rukou se používá nejčastěji toaletní mýdlo, tekutý mycí přípravek z dávkovače, tekoucí pitná voda a vhodné osušovací prostředky.

Postup mechanického mytí rukou:

1. Ruce zvlhčit vodou.
2. Nanést mycí přípravek a dobře rozetřít na rukou.
3. S malým množstvím vody napěnit.
4. Vlastní mytí by se mělo pohybovat v intervalu 30 vteřin.
5. Dobře opláchnout tekoucí pitnou vodou.
6. Do sucha utřít ručníkem nebo ubrouskem pro jedno použití.

Přípravky k mechanickému mytí rukou a jejich dezinfekci musí být účinné, šetrné, dobře aplikovatelné, dostupné a ekonomické [41].

4. VHODNÉ TECHNOLOGIE ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ ZE ZDRAVOTNICKÝCH ZAŘÍZENÍ Z HYGIENICKÉHO HLEDISKA

Nakládání s nebezpečnými odpady ze zdravotnictví může být příčinou vzniku značného zdravotního rizika, toto zdravotní riziko vyplývá z nebezpečných vlastností odpadů [3]. Odpady ze zdravotnictví mohou obsahovat především infekční agens, chemické toxické látky, genotoxické látky, nepoužitelná léčiva, ostré předměty a radioaktivní látky. Odpad může ohrozit pacienty, zdravotnický personál, pomocný personál i personál, který se zabývá shromažďováním, přepravou a odstraněním odpadů. Může ohrozit životní prostředí ale i veřejné zdraví. Není možné riziko posuzovat obecně, ale vždy je nutné vycházet ze specifických podmínek konkrétního zdravotnického zařízení. Největší riziko souvisí vždy s nakládáním s infekčními odpady, toxickými odpady a ostrými předměty. Základní předpoklad pro minimalizaci environmentálních a zdravotních rizik v celém cyklu nakládání s odpady je řízený způsob nakládání v jednotlivých krocích, a to od třídění odpadů v místech jejich vzniku (odděleného shromažďování odpadů), až po jejich bezpečná odstranění. Jedním z hlavních cílů je bezpečné a technologicky bezchybné oddělení nebezpečného odpadu od odpadu ostatního. Riziko odpadů ze zdravotnictví se snižuje s přijetím kompletního a bezpečného systému třídění, sběru, transportu, shromažďování a odstranění. Současně tím dochází ke snížení nákladů na úpravu a odstranění [42]. Vhodné technologie pro zpracování odpadu ze zdravotnického zařízení jsou definovány v následujících bodech.

4.1 Autoklávování

Autoklávy jsou schopné zpracovat řadu infekčních odpadů, včetně materiálů kontaminovaných krví a dalších infekčních tekutin, izolačního a chirurgického odpadu, laboratorního odpadu (kromě chemického odpadu) a „měkkého“ odpadu (včetně gázy, obvazů, závěsů, županů a podestýlky) z ošetrovatelské péče. Při dostatečném času a teplotě je technicky možné zpracovat i malé množství tkáně. Autoklávy nejsou vhodné pro velké anatomické zbytky, protože je velmi obtížné předem stanovit parametry času a teploty potřebné k plnému pronikání tepla do středu anatomického materiálu. Autoklávy se

používají už více než sto let ke sterilizaci lékařských nástrojů a před několika lety byly zmodernizovány také postupy k účelu nakládání s infekčním odpadem.

Autokláv se skládá z kovové nádoby přizpůsobené na vysoké tlaky s utěsněnými dvířky a uspořádáním potrubí a ventilů, kterými prochází pára do středu komory kovové nádoby. Některé autoklávy jsou navrženy s parním pláštěm obklopujícím nádobu tak, že se pára zavádí jak do vnějšího pláště, tak i do vnitřní komory. Vytápění vnějšího pláště snižuje kondenzaci na vnitřní stěně komory a umožňuje použití páry při nižších teplotách. Autokláv bez parního pláště, někdy nazývaný „retort“, se vyskytuje častěji a jeho sestavení je levnější. Horký vzduch je hlavním faktorem při určování účinnosti zpracování párou a transport vzduchu z autoklávu je nezbytný pro zajištění pronikání tepla do odpadu. Na rozdíl od sterilizace nástrojů, autoklávy na zpracování odpadu musí upravovat vzduch, který je odstraněn na začátku procesu, aby se zabránilo uvolňování patogenních aerosolů. To se obvykle provádí průchodem vzdušné páry přes vysoce účinný filtr pevných částic (HEPA) předtím, než je pára uvolněna.

Vzhledem k systému odstraňování vzduchu lze autoklávy rozdělit na tři typy:

- autokláv s gravitačním posunem,
- vysokovakuové a předvakuové autoklávy,
- autoklávy s tlakovým pulsem.

Autokláv s gravitačním posunem využívá faktu, že pára je lehčí než vzduch. Proto je pára zavedená pod tlakem do komory a tlačí vzduch dolů do výstupní části komory. Účinnější, avšak nákladnější metodou je použití vakuové pumpy k vyprázdnění vzduchu před zaváděním páry, jak se tomu využívá v předvakuových autoklávech, které jsou také označovány za vysoce vakuové. Předvakuové autoklávy vyžadují méně času na dezinfekci díky jejich větší účinnosti při odstraňování vzduchu. Posledním uvedeným typem jsou autoklávy používající k vyprázdnění vzduchu tlakový pulz. Tři základní složky tlakových pulzních systémů jsou gravitační tlak, vakuové pulzování a tlakové vakuum. Gravitační tlak (neboli proplachování párou) znamená opakované uvolňování páry a snížení tlaku na téměř atmosférickou hodnotu poté, co tlak dosáhne předem stanovené úrovně. Poté je umožněno opětovné zvýšení tlaku s přídavkem páry. Vakuové pulsování je podobné tomu ve vysokém vakuu, ale s tím rozdílem, že se na začátku procesu zpracování používají dva nebo více vakuových cyklů. Systémy tlak-vakuum fungují tak, že vytvářejí tlak, poté

uvolňují vakuum a tento proces se několikrát po sobě opakuje. Střídavé tlakové cykly se používají k dosažení rychlého pronikání páry. Obecně platí, že systémy s tlakovým vakuem mají nejkratší čas pro dosažení vysokých úrovní dezinfekce [43].

4.2 Integrované systémy úpravy páry

Druhá generace systémů na bázi páry byla vyvinuta za účelem zlepšení přenosu tepla do odpadu, čímž se dosáhne rovnoměrnějšího zahřívání odpadu. Tyto systémy byly označovány jako pokročilé autoklávy, hybridní autoklávy nebo pokročilé technologie úpravy páry [44]. Tyto systémy fungují na principu autoklávy, ale kombinují úpravu páry s různými druhy mechanického zpracování před, během nebo po zpracování páry. Mezi tyto způsoby mechanického zpracování patří například:

- zpracování páry následované mícháním, fragmentací, sušením a drcením odpadu,
- vnitřní drcení odpadu následované úpravou páry, poté smícháním a sušením odpadu,
- vnitřní drcení, zpracování párou, míchání a následné sušení odpadu,
- vnitřní drcení odpadu následované úpravou páry, poté mícháním a následně zhutněním.

Každý z těchto systémů funguje odlišně, ale může zpracovávat stejné druhy odpadů a má podobné emisní charakteristiky jako autokláv, přičemž sdílí mnoho z jeho výhod i nevýhod. Tyto a další integrované technologie úpravy páry mají takové výhody, že jsou schopny dosáhnout vysoké úrovně dezinfekce v krátkém čase díky zlepšené rychlosti přenosu tepla. Jsou vysoce automatizované a vyžadují pouze malou pozornost obsluhy. Proces ošetření se automaticky zaznamenává a poskytuje požadovanou dokumentaci. Velké množství integrovaných systémů úpravy páry je navrženo tak, aby odstraňovaly pachy pomocí aktivního uhlí nebo vestavěných HEPA filtrů. Díky modernizaci může mít výsledný odpad menší objem o 85 – 90 %. Na rozdíl od standartních autoklávů, některé z těchto integrovaných systémů (například rotující autokláv) byly úspěšně testovány na živočišném odpadu a mohl by být potenciálně využíván pro zpracování patologického odpadu včetně anatomických částí ve zdravotnictví. Největší nevýhodou sofistikovanějších

systémů úpravy páry jsou investiční náklady, finanční náročnost je vyšší než u klasické konstrukce autoklávu se stejnou kapacitou [43].

4.3 Mikrovlnná technologie

Mikrovlnná technologie je v podstatě proces založený na páře, kde k ošetření dochází za působení vlhkého tepla a páry vytvořené mikrovlnnou energií. Voda obsažená v odpadu je rychle ohřívána mikrovlnnou energií na frekvenci přibližně 2450 MHz s vlnovou délkou 12,24 cm. Systémy mikrovlnného zpracování se skládají z ošetřované oblasti nebo komory, do které je mikrovlnná energie směřována z mikrovlnného generátoru. Obecně se používá 2 až 6 mikrovlnných generátorů s výkonem 1,2 kW. Typické dávkování systému je navrženo pro zpracování 30 až 100 litrů odpadu. Některé jednotky vyžadují opakovaně použitelné, plně uzavřené mikrovlnné nádoby [44]. Systémy mohou mít více programovatelných cyklů odpovídajících různému zpracování teploty nebo úrovně dezinfekce. Cyklus se může pohybovat od 30 minut do 1 hodiny.

Typický mikrovlnný systém se skládá z automatického nabíjecího systému, násypky, drtiče, dopravníku, parního generátoru, mikrovlnného generátoru, dopravního šroubu, sekundárního drtiče a ovládacích prvků. Vybavení zahrnuje hydrauliku, filtr HEPA a mikroprocesorové ovládací prvky chráněné v ocelovém krytu před vnějšími vlivy. Do odpadu zavedeného do násypky lze vstříkovat i páru. K zamezení úniku patogenů do vzduchu se odpad přefiltruje přes filtr HEPA ve chvíli, když jsou naplněny odpadní vaky. Po zavření víka zásobníku prochází odpad drtičem. Odpadní částice jsou dopravovány do mikrovlnné sekce, kde jsou dále vystaveny páře a zahřátí na 100 ° C čtyřmi nebo šesti mikrovlnnými generátory. Některé systémy mají pomocnou sekci pro dosažení minimální expoziční doby. Sekundární drtič může být použit, pokud ošetřené ostré předměty vyžadují jemnější drcení. Ve velkém měřítku je mikrovlnná jednotka schopna zpracovat až 250 kg / hodinu (3000 tun ročně). Druhy odpadu běžně zpracovávaného v mikrovlnných systémech jsou totožné s odpady zpracovávanými v autoklávech. Jedná se hlavně o ostré předměty, materiály kontaminované krví a tělními tekutinami, izolační a chirurgický odpad, laboratorní odpad (kromě chemického odpadu) a měkký odpad z péče o pacienty. Jeden mikrovlnný systém byl úspěšně testován na zvířecím anatomickém odpadu a ukázalo se, že

může být potenciálně použit ke zpracování patologických odpadů, jako jsou infikované tkáně. Těkavé a polotekuté organické sloučeniny, chemoterapeutický odpad, rtuť, další nebezpečný chemický odpad a radiologický odpad by neměly být zpracovávány za pomoci mikrovlnných technologií [43].

4.4 Technologie zpracování suchým teplem

Cirkulační horkovzdušné pece se již mnoho let používají ke sterilizaci skleněného nádobí a dalších opakovaně použitelných nástrojů. Tento koncept zpracování suchým teplem byl nedávno aplikován v praxi při nakládání s infekčním zdravotním odpadem. Jedná se o suché procesy, kdy se teplo aplikuje bez přidání páry nebo vody. Místo toho je odpad zahříván přírodním nebo nuceným prouděním, tepelným zářením nebo vodivostí. Při ohřevu s nuceným prouděním je vzduch zahříván odporovými ohříváči nebo přirozeným plynem cirkulujícím kolem odpadu v komoře. V jiných technologiích zpracování suchým teplem odpad ohřívají horké stěny za pomoci vedení a přirozenou konvekci. Další technologie používají sálavé vytápění pomocí infračerveného záření. Obecně lze říct, že procesy suchého tepla používají vyšší teploty a delší doby expozice než parní procesy. Nejsou běžně používány ve velkých zařízeních a obvykle zpracovávají pouze malé objemy. Při testování technologií suchého tepla se používají spory bakterie *Bacillus atrophaeus*, o kterých je známo, že jsou odolné vůči suchému teplu, a proto se běžně používají jako mikrobiologické ukazatele účinnosti této technologie [44].

4.5 Chemické zpracování

Chemická dezinfekce, která se běžně používá ve zdravotnických zařízeních k likvidaci nebo inaktivaci mikroorganismů je základem chemického zpracování odpadů ze zdravotnických zařízení. Tato metoda se využívá hlavně na odpady jako je krev, moč, stolice nebo odpadní vody z nemocnice. Tuhé, dokonce vysoce nebezpečné zdravotní odpady včetně patogenních agens, nástrojů a ostrých předmětů mohou tak být chemicky dezinfikovány, ale platí pro ně následující omezení:

- rozřezání nebo mletí odpadu je nutné provést před dezinfekcí, a to i v případě, když je drtič často slabou stránkou technologického postupu, jelikož je náchylný k mechanickému poškození nebo selhání,
- vyžadují se silné dezinfekční prostředky, které mohou být nebezpečné a pro jejich použití musí být řádně vyškolený a dostatečně chráněný personál,
- účinnost dezinfekce závisí na provozních podmínkách uvnitř ošetrovacího zařízení,
- dezinfikuje se pouze povrch nedotčeného pevného odpadu.

Chemické zpracování pevného infekčního odpadu je často problematické kvůli variabilitě chemické látky a účinnosti na základě charakteristik produkovaného toxického kapalného odpadu. Rychlost a účinnost chemické dezinfekce závisí na provozních podmínkách, na množství použité chemikálie, době kontaktu mezi dezinfekčním prostředkem a odpadem, typu použité chemikálie, provozní teplotě, vlhkosti a pH. Ruční systémy používající chemickou dezinfekci nejsou považovány za spolehlivou metodu zpracování odpadu. Chemická dezinfekce se obvykle provádí v nemocničních prostorách samostatně nebo plně automaticky, nedávno byly vyvinuty systémy pro nakládání s odpady ze zdravotnictví a jsou provozovány mimo lékařská centra v průmyslových zónách. Dezinfikovaný odpad následně vyžaduje specializované odstranění [43].

4.6 Radiační technologie

Ošetrování ozařováním obsahuje konstrukci využívající ozáření z elektronových paprsků kobalt-60 nebo ultrafialových zdrojů. Tyto technologie vyžadují potřebnou ochranu, aby se zabránilo zvýšenému pracovnímu vystavení nebezpečnému záření. Účinnost ničení patogenů závisí na vstřebané dávce záření hmotou odpadu, avšak paprsky záření nejsou dost silné na to, aby pronikly i do odpadních pytlů a kontejnerů. Baktericidní ultrafialové záření bývá využíváno k ničení vzdušných mikroorganismů pouze jako doplněk k jiným technologiím zpracování odpadu právě z toho důvodu, že toto záření není schopno proniknout do uzavřených odpadních sáčků [43].

4.7 Termické technologie

Termické technologie tvoří procesy využívající tepelnou energii, aby zničila patogeny v odpadu. Jedná se o nejrozšířenější způsob zpracování odpadů používaný hojně po celém světě a tuto kategorii technologií lze ještě dělit na nízkoteplotní a vysokoteplotní metody. Rozdíly způsobují velmi odlišné hodnoty atmosférických emisí.

Nízkoteplotní tepelné procesy využívají tepelnou energii v rozmezích takových teplot, aby zničily mikroorganismy, ale nejsou dostatečně vysoké k tomu, aby způsobily spalování nebo pyrolýzu odpadu (pyrolýza je tepelná úprava látky působením tepla bez přítomnosti kyslíku a nejčastěji se používá pro organické materiály). V praxi je obtížné mít zcela bezkyslíkovou atmosféru, takže dochází k určité oxidaci. Obecně platí, že termální technologie s nízkou teplotou pracuje s teplotami v rozmezí mezi 100 ° C až 180 ° C ve vlhkém nebo suchém prostředí.

Druhým tepelným procesem je spalování. Jedná se o vysokoteplotní suchý oxidační proces, který redukuje organický a hořlavý odpad na anorganický odpad a nehořlavou látku. Má za následek významné snížení objemu a hmotnosti odpadu. Tepelné procesy s vysokou teplotou probíhají při teplotách od 200 ° C do více než 1000 ° C. Rozklad je způsoben za pomoci procesů spalování, pyrolýzy nebo zplyňování. Nevýhodou těchto technologií je uvolňování vedlejších produktů spalování do atmosféry a vytváření zbytků (popel). Spalování zdravotnických odpadů produkuje plynné emise včetně páry, oxidu uhličitého, oxidu dusíku a také celé řady těkavých látek (např. kovů, halogenových kyselin, produktů nedokonalého spalování) [43].

4.8 Biologické procesy

Tyto procesy využívají procesy, které se vyskytují v přírodních živých organismech, mohou být částečně využity i při zpracování zdravotního odpadu. Některé systémy biologického čištění používají enzymy, které mohou vést k urychlení ničení patogenů v organickém odpadu. Kompostování a vermikompostování (trávení organických odpadů za pomoci červů) jsou biologické procesy, které byly již v minulosti úspěšně použity k rozkladu nemocničního kuchyňského odpadu, dalšího organického stravitelného

odpadu i odpadu z placenty [45]. Za příklad biologického procesu lze považovat také přirozený rozklad patologického odpadu prostřednictvím pohřbu [43].

4.9 Skládkování

Zneškodňování zdravotnického odpadu se doposud v České republice provádí v rozsahu procesů tvořících z 25 % skládkování a 75% spalování (podobné údaje platí i pro Slovenskou republiku). Na skládkování je potřebné použít úložiště technicky vybavené tak, aby nedocházelo k úniku kontaminantů do okolí. Pro tento účel se často využívají i skládky určené pro nebezpečný chemický odpad nebo také podzemní prostory (například staré doly). Nedostatek skládek využitelných na nebezpečný odpad je však způsoben mimo jiné i rizikem potencionálního nebezpečí úniku škodlivých látek z průsaku skládky, přičemž hlavním důsledkem úniku jsou havárie způsobené seismickými vlivy [6]. Zvláštním typem odstraňování odpadů skládkováním je uložení odpadu ze zdravotnictví pod zem (dále jen OZZ). Tato metoda je použitelná pro relativně malá zdravotnická zařízení, která leží v řídkce osídlených, izolovaných oblastech a kde jsou vhodné hydrologické a geologické podmínky. OZZ je uložen do jámy 2 až 3 m hluboké a 2 m široké, horní a dolní části jámy musejí být obloženy nepropustným materiálem. Tato metoda je doporučena WHO pro nakládání s OZZ především v rozvojových zemích [43].

5. ZÁVĚR

Rostoucí riziko nebezpečných odpadů ze zdravotnictví je vyvoláno především novými infekčními epidemiemi a rychlostí jejich šíření. Avšak do gradujícího rizika je nutné zahrnout také dynamický rozvoj medicíny včetně hygienických a zdravotnických prostředků. Z globálního pohledu, vzhledem k rychlosti šíření, je potenciální hrozbou každá infekce identifikovaná kdekoliv ve světě. I při stále dokonalejších hygienických opatřeních se případné chyby a nedostatky ochranného systému ve zdravotnictví vždy musí řešit. Rozvoj chemie vyvolal opatření k identifikaci vlastností nových zejména nebezpečných komodit. Zmíněné opatření má dopad i na širší nabídku například dezinfekčních a hygienických prostředků. Mezi primární předpoklady pro snížení zdravotního rizika při nakládání s odpady patří především důkladná separace odpadů v místě jejich vzniku a vhodně zvolená technologie jejich zpracování. Tímto zásadním principem se zvyšuje ochrana lidského zdraví a životního prostředí.

Jedním z ukazatelů, podle kterých lze posuzovat míru produkce zdravotnického odpadu, je stav ekonomiky daného státu. Mezi země s vysokými příjmy připadá roční produkce veškerého zdravotnického odpadu na 1,1 až 12 kilogramů na jednoho obyvatele a z toho 0,4 až 5,5 kilogramů se jedná o nebezpečný zdravotnický odpad. U zemí se středními příjmy je roční produkce veškerého zdravotnického odpadu v hodnotách 0,8 až 6 kilogramů na obyvatele a z toho 0,3 až 0,4 kilogramů nebezpečného odpadu. Roční produkce veškerého zdravotnického odpadu u zemí s nízkými příjmy se pohybuje v hodnotách 0,5 až 3 kilogramy na obyvatele. Vzhledem k aktuálně probíhající pandemii koronaviru bude produkce zdravotnického odpadu, včetně toho nebezpečného, výrazně vyšší. Světová zdravotnická organizace (WHO) doporučuje, aby každé zdravotnické zařízení předtím, než vytvoří plán nakládání s odpady, analyzovalo své vlastní toky zdravotnického odpadu a jeho množství. Struktura zdravotnického odpadu může sloužit také jako obecné vodítko charakteristiky zdravotnického zařízení a to následovně: 80% všeobecný zdravotnický odpad, 15% patologický a infekční odpad, 1% ostrý odpad, 3% chemický a farmaceutický odpad, méně než 1% zvláštní odpad (např. radioaktivní nebo cytostatický odpad).

Po shrnutí a analýze vhodných technologií zpracování zdravotnického odpadu vyplývá, že v porovnání spalovacích a nespalovacích technologií z hlediska finančního i technického, vychází mnohem lépe technologie nespalovací. Je to z důvodu šetrnějšího zacházení k životnímu prostředí a ve výsledku jsou tyto technologie finančně levnější. Největší nevýhodou spalovacích technologií je negativní vliv na zdraví člověka kvůli výskytu dioxinů a těžkých kovů. Také veřejnost lépe přijímá nespalovací technologie oproti spalovacím, dokládá to rozsáhlá řada kampaní vedená proti spalovnám a rovněž fakt, že organizace působící ve zdravotní péči požadují zákaz spalování zdravotnického odpadu.

6. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Česká republika. Zákon č. 185/2001 Sb. ze dne 15.5.2001 o odpadech a o změně některých dalších zákonů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 71, s. 4074-4113. Dostupný také z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=364>. ISSN 1211-1244.
- [2] Česká republika. Vyhláška č. 93/2016 Sb. ze dne 31.3.2016, o Katalogu odpadů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 38, s. 1802-1831. Dostupná také z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=z&id=49731>. ISSN 1211-1244.
- [3] Česká republika. Vyhláška č. 94/2016 Sb. ze dne 31.3.2016, o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 38, s. 1832-1843. Dostupná také z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=z&id=49732>. ISSN 1211-1244.
- [4] ZIMOVÁ, Magdalena a Dana ŘÍMANOVÁ. *Nakládání s odpady ve zdravotnických a jim podobných zařízeních*. II. Aktualizované vydání. Praha : Polygon, 2002. str. 332. ISBN 80-7273-070-3.
- [5] Česká republika. Zákon č. 169/2013 Sb. ze dne 21.6.2013, kterým se mění zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, zákon č. 25/2008 Sb., o integrovaném registru znečišťování životního prostředí a integrovaném systému. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 71, s. 1574-1583. Dostupný také z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=z&id=25764>. ISSN 1211-1244.
- [6] KIZLINK, Juraj. *Odpady. Sběr, zpracování, využití, zneškodnění, legislativa*. Brno: Akademické nakladatelství Cerm, s.r.o, 2014. str. 483. ISBN 978-80-7204-884-7.
- [7] Česká republika. Vyhláška č. 195/2005 Sb. ze dne 18.5.2005 kterou se upravují podmínky předcházení vzniku a šíření infekčních onemocnění a hygienické požadavky na provoz zdravotnických zařízení a ústavů sociální péče. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 71, s. 3814-3836. Dostupná také z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=4669>. ISSN 1211-1244.
- [8] Česká republika. Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. ze dne 28.12.2007, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 111, s. 5086-5229. Dostupné také z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=5202>. ISSN 1211-1244.

- [9] Česká republika. Zákon č. 378/2007 Sb. ze dne 31.12.2007, o léčivech a o změnách některých souvisejících zákonů (zákon o léčivech). In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 115, s. 5342-5428. Dostupný také z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=5206>. ISSN 1211-1244.
- [10] Česká republika. Zákon č. 256/2001 Sb. ze dne 25.7.2001, o pohřebnictví a o změně některých zákonů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 98, s. 5669-5682. Dostupný také z: http://www.zdrav.cz/web/zakony/zak_2001/cit_256_01.htm. ISSN 1211-1244.
- [11] Česká republika. Vyhláška č. 64/1987 Sb. ze dne 1.7.1987, ministra zahraničních věcí o Evropské dohodě o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí (ADR). In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 13, s. 399-404. Dostupná také z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=2207>. ISSN 1211-1244.
- [12] Česká republika. Vyhláška č. 383/2001 Sb. ze dne 9.11.2001, Ministerstva životního prostředí o podrobnostech nakládání s odpady. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 145, s. 8355-8433. Dostupná také z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=3723>. ISSN 1211-1244.
- [13] Česká republika. Vyhláška č. 294/2005 Sb. ze dne 21.7.2005, o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 105, s. 5411-5443. Dostupná také z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=470>. ISSN 1211-1244.
- [14] Česká republika. Zákon č. 167/1998 Sb. ze dne 15.7.1998, o návykových látkách a o změně některých dalších zákonů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 57, s. 6770-6800. Dostupný také z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=3164>. ISSN 1211-1244.
- [15] Česká republika. Zákon č. 258/2000 Sb. ze dne 11.8.2000, o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 74, s. 3260-3303. Dostupný také z: <http://www.enviweb.cz/104267>. ISSN 1211-1244.
- [16] Česká republika. Zákon č. 285/2002 Sb. ze dne 28.6.2002, o darování, odběrech a transplantacích tkání a orgánů a o změně některých zákonů (transplantační zákon). In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 103, s. 6050-6071. Dostupný také z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=3922>. ISSN 1211-1244.

- [17] Česká republika. Vyhláška č. 432/2003 Sb. ze dne 15.12.2003, kterou se stanoví podmínky pro zařazování prací do kategorií, limitní hodnoty ukazatelů biologických expozičních testů, podmínky odběru biologického materiálu pro provádění biologických expozičních testů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 142, s. 7210-7223. Dostupná také z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=4226>. ISSN 1211-1244.
- [18] Česká republika. Zákon č. 350/2011 Sb. ze dne 29.11.2011, o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon). In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 122, s. 4353-4375. Dostupný také z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=z&id=23348>. ISSN 1211-1244.
- [19] Česká republika. Zákon č. 18/1997 Sb. ze dne 26.2.1997, o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 5, s. 82-106. Dostupný také z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=2996>. ISSN 1211-1244.
- [20] Česká republika. Zákon č. 477/2001 Sb. ze dne 31.12.2001, o obalech a o změně některých zákonů (zákon o obalech). In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 172, s. 713-717. Dostupný také z: <http://www.enviweb.cz/99148>. ISSN 1211-1244.
- [21] Státní zdravotní ústav. *Metodika pro nakládání s odpady ze zdravotnických, veterinárních a jin podobných zařízení*. [PDF] Praha : TAČR, 12. 2016. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/nakladani_s_odpady_zdravotnictvi/\\$FILE/OODP-metodika_zdravotnicke_odpady-20170424.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/nakladani_s_odpady_zdravotnictvi/$FILE/OODP-metodika_zdravotnicke_odpady-20170424.pdf)
- [22] MÜLLEROVÁ, Dana a Anna AUJEZDSKÁ. *Hygiena, preventivní lékařství a veřejné zdravotnictví*. Praha : Karolinum, 2014. str. 254. ISBN 978-80-246-2510-2.
- [23] BEDNÁŘ, Marek, Věra FRAŇKOVÁ, Jiří SCHINDLER, Andrej SOUČEK a Jiří VÁVRA. *Lékařská mikrobiologie*. Praha : Triton, 1996. str. 560. ISBN 978-80-2380-297-9.
- [24] HAMPLOVÁ, Lidmila. *Mikrobiologie, imunologie, epidemiologie, hygiena pro bakalářské studium a všechny typy zdravotnických škol*. Praha : Triton, 2015. str. 263. ISBN 978-80-7387-934-1.
- [25] WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Prevention of hospital-acquired infections: a practical guide*. Geneva, Switzerland : World Health Organization, 2002.

- [26] HAWLEY, H. Bradford, M.D. Escherichia coli. In: *Magill's Medical Guide (Online Edition)*. [Online] 2019. [Citace: 8. 3. 2020.]. Dostupné z: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ers&AN=89408024&lang=cs&site=eds-live>
- [27] HESSEN, Margaret Trexler, M.D. Methicillin-resistant Staphylococcus aureus (MRSA) infections. In: *Magill's Medical Guide (Online Edition)*. [Online] 2019. [Citace: 14. 2. 2020.]. Dostupné z: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ers&AN=86194299&lang=cs&site=eds-live>
- [28] SHEPOSH, Richard. Pneumococcus. In: *Salem Press Encyclopedia of Health*. [Online] 2019. [Citace: 20. 2. 2020.]. Dostupné z: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ers&AN=89408024&lang=cs&site=eds-live>
- [29] VOJTILOVA, Lenka, M. FREIBERGOVÁ, J. JURÁNKOVÁ, Z. BORTLÍČEK a P. HUSA. Epidemiological factors influencing the development of relapsing and severe Clostridium difficile infection. *Epidemiologie, mikrobiologie, imunologie: časopis Společnosti pro epidemiologii a mikrobiologii České lékařské společnosti JE Purkyně*, 2014, 63.1, s. 27-35.
- [30] HENDLER, Collette Bishop, R.N., M.S., C.I.C. Clostridium difficile infection. In: *Magill's Medical Guide (Online Edition)*. [Online] 2019. [Citace: 12. 3. 2020.]. Dostupné z: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ers&AN=89408024&lang=cs&site=eds-live>
- [31] UNGVARSKY, Janine. Pseudomonas aeruginosa. In: *Salem Press Encyclopedia of Science*. [Online] 2019. [Citace: 22. 2. 2020.]. Dostupné z: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ers&AN=119214369&lang=cs&site=eds-live>
- [32] MALFERTHEINER, Peter, SELGRAD, Michael a Jan BORNSCHEIN. Helicobacter pylori: clinical management. *Current opinion in Gastroenterology*, 2012, 28.6, s. 608-614.
- [33] SUDA, Carol Ann, BS, MT (ASCP), SM. Helicobacter pylori. In: *Salem Press Encyclopedia of Health*. [Online] 2019. [Citace: 25. 2. 2020.]. Dostupné z: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ers&AN=94462111&lang=cs&site=eds-live>

- [34] BADASH, Michelle, M.S. a HOM, David L., M.D., FACP. Tuberculosis (TB). In: *Salem Press Encyclopedia of Health*. [Online] 2020. [Citace: 26. 2. 2020.] Dostupné z: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ers&AN=94417176&lang=cs&site=eds-live>
- [35] KASSEL, Karen Schroeder, M.S., RD, M.Ed a HOM, David L., M.D., FACP. Hepatitis B. In: *Salem Press Encyclopedia of Health*. [Online] 2019. [Citace: 8. 3. 2020.] Dostupné z: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ers&AN=94416930&lang=cs&site=eds-live>
- [36] ALAN, Rick a HOM, David L., M.D., FACP. Hepatitis C. In: *Salem Press Encyclopedia of Health*. [Online] [Citace: 7. 3. 2020.] Dostupné z: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ers&AN=94416931&lang=cs&site=eds-live>
- [37] GREENWOOD, David. *Lékařská mikrobiologie : přehled infekčních onemocnění: patogeneze, imunita, laboratorní diagnostika a epidemiologie*. 1. vyd. Praha : Grada Publishing, 1999. str. 686. ISBN 80-7169-365-0.
- [38] VOTAVA, Miroslav, Vlastimil OBDRŽÁLEK, Petr ONDROVČÍK, Filip RŮŽIČKA, Ondřej ZAHRADNÍČEK a Vladana WOZNICOVÁ. *Lékařská mikrobiologie II. Přehled vyšetřovacích metod v lékařské mikrobiologii*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita. Lékařská fakulta, 2000. 309 s. ISBN 80-210-2272-8.
- [39] MELICHERČÍKOVÁ, Věra. *Sterilizace a dezinfekce v prevenci nozokomiálních nákaz*. Praha : Galén, 2007. str. 57. ISBN 978-80-7262-468-3.
- [40] WALSH, C. J., Ph.D. Aseptic technique. In: *Salem Press Encyclopedia of Health*. [Online] 2020. [Citace: 18. 3. 2020.] Dostupné z: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ers&AN=94416779&lang=cs&site=eds-live>
- [41] Ministerstvo zdravotnictví České republiky. Metodický návod na mytí rukou MZ. <http://www.mzcr.cz/>. [Online] 21. 12 2007. [Citace: 20. 3. 2020.] Dostupné z: http://www.mzcr.cz/kvalitaabezpeci/obsah/metodicky-navod-na-myti-rukou-mz_2377_20.html

- [42] Ministerstvo životního prostředí. *Metodické doporučení k nakládání s odpady ze zdravotnictví*. [PDF] Praha : Odbor odpadů, červenec 2007. Dostupné z: http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/puda/legislativa_odpady/MD_odpady_zdravotnictvi.pdf
- [43] CHARTIER, Yves, Jorge EMMANUEL, Ute PIEPER, Annete PRUESS, Philip RUSHBROOK, Ruth STRINGER, Wiliam TOWNEND, Susan WILBURN a Raki Zghondi. *Safe management of wastes from health-care*. 2nd edition. Geneva : WHO, 2014. str. 305. ISBN 978 92 4 154856 4.
- [44] EMMANUEL, Jorge a Ruth STRINGER. *FOR PROPER DISPOSAL: A Global Inventory of Alternative Medical Waste Treatment Technologies*. [PDF] Arlington : Health Care Without Harm, 2007. Dostupné z: https://noharm-uscanada.org/sites/default/files/documents-files/2046/For_Proper_Disposal.pdf
- [45] MATHUR, Umesh B, Lalji K. VERMA a Jitendra N. SRIVASTAVA. Effects of Vermicomposting on Microbiological Flora of Infected Biomedical Waste. *Journal of ISHWM*. 2006, 5. 1, s. 21-26.